

## BUNDESPUBLIK DEUTSCHLAND

~~DEU~~

DE99 / 3961



09/857859  
Bescheinigung

REC'D 09 FEB 2000
WIPO PCT

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Das Institut für Halbleiterphysik Frankfurt (Oder) GmbH in Frankfurt, Oder/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung"

am 14. Dezember 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol H 01 L 21/331 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 10. Januar 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Brand

Aktenzeichen: 198 57 640.4

## Zusammenfassung

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, bei dem minimale Basis-Emitter-Kapazitäten und beste Hochfrequenzeigenschaften realisiert werden, ohne daß die statischen Eigenschaften eines Bipolartransistors mit schwach dotierter Cap-Schicht, vor allem die Basisstromidealität und das Niederfrequenz-Rauschen, spürbar verschlechtert werden und die Prozeßkomplexität zunimmt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Einbringung eines speziellen Dotierungsprofils in eine epitaktisch erzeugte Cap-Schicht (Cap-Dotierung) gelöst. Mit Hilfe dieses Dotierungsprofils wird erreicht, daß eine minimale Basis-Emitter-Kapazität und beste Hochfrequenzeigenschaften erreicht werden können, aber auch die generations-/rekombinationsaktive Grenzfläche zwischen Cap-Schicht und Isolator im Polysilizium-Überlappungsgebiet im interessanten Arbeitsbereich des Transistors in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt und die Basisstromidealität verbessert wird.

Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  dotierte basisseitige Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke zwischen 20 nm und 70 nm.

(hierzu Fig. 9)

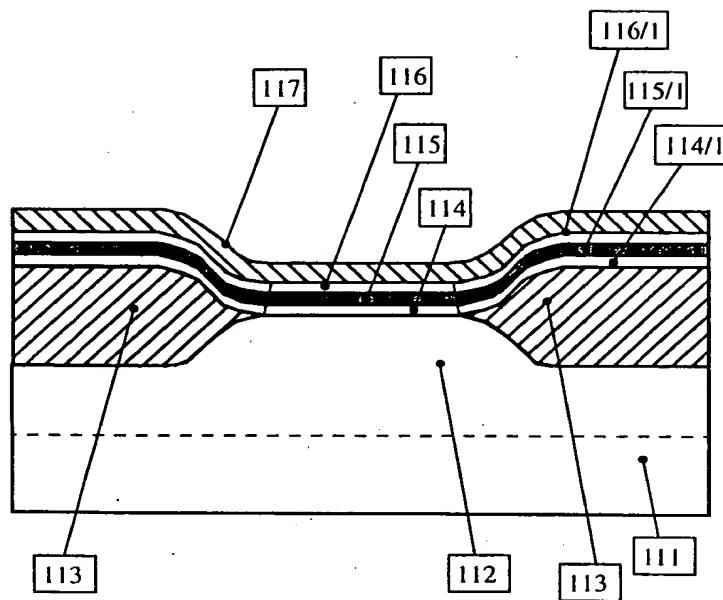


Fig. 9

## **Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung**

Die Erfindung betrifft einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Die Realisierung von epitaktisch hergestellten Silizium-Germanium-Heterobipolartransistoren (SiGe-HBT) sowie die kostensparende Vereinfachung der technologischen Prozesse gaben in jüngerer Zeit neue Impulse für die Weiterentwicklung von Si-Bipolartransistoren. Einen attraktiven Weg eröffnet in dieser Hinsicht die Verbindung einer epitaktisch erzeugten Basis mit den prozeßvereinfachenden Möglichkeiten einer Einzel-Polysilizium-Technologie.

Im Vergleich zu konventionell per Implantation oder Eindiffusion eingebrachten Basisprofilen können mit Hilfe epitaktisch hergestellter Silizium-Germanium-Basisschichten gleichzeitig kleinere Basisweiten und -schichtwiderstände erzeugt werden, ohne daß unbrauchbar kleine Stromverstärkungen oder hohe Leckströme in Kauf genommen werden müssen. Dabei sind elektrisch aktive Dotierstoffkonzentrationen in der Basis bis über  $1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  realisiert worden, wie beispielsweise in A. Schüppen, A. Gruhle, U. Erben, H. Kibbel und U. König: 90 GHz fmax SiGe-HBTs, DRC 94, S. IIA-2, 1994 beschrieben. Um Leckströme durch Tunnelprozesse zu vermeiden, ist jedoch eine niedrig dotierte Zone zwischen den Hochkonzentrationsgebieten von Emitter und Basis nötig. Übersteigt nämlich die Basisdotierung Werte von  $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , und würde, wie bei implantierten Basisprofilen üblich, die Hochkonzentration des Emitters bis in die Basis hineinreichen, sind unakzeptabel hohe Tunnelströme die Folge. Im Unterschied zu implantierten Basisprofilen ist es bei Anwendung

der Epitaxie problemlos möglich, gleichzeitig schmale Basisprofile sowie eine niedrig dotierte Zone (Cap-Schicht) zu erzeugen.

Fig. 1 zeigt schematisch den Emitterbereich eines SiGe-HBTs. Der Transistoraufbau gibt typische Merkmale eines Einzel-Polysiliziumprozesses wieder. Über einkristallinem Kollektorgebiet **11** wurde epitaktisch eine SiGe-Basis **12** und anschließend die Cap-Schicht **13** abgeschieden. Eine seitliche Isolation des Transistorgebietes ist in Fig. 1 nicht mit eingezeichnet. Wenn während des Epitaxieschrittes sowohl auf einkristallinem Substrat **11** als auch auf dem nicht dargestellten Isolatorgebiet Halbleitermaterial wächst (differentielle Epitaxie), ist es möglich, die gewachsenen Halbleiterschichten als Verbindung zwischen einem Kontakt auf Isolationsgebiet und dem inneren Transistor zu nutzen. Diese Verbindung sollte möglichst niederohmig ausgelegt sein. Daher wäre es günstig, wenn die Epitaxieschichtdicke unabhängig von der Basisweite eingestellt werden könnte. Über der Isolationsschicht **14**, in die naßchemisch Emitterfenster geätzt wurden, ist eine Poly- oder  $\alpha$ -Siliziumschicht **15** abgeschieden worden. Die  $\alpha$ -Siliziumschicht **15** erhält während der Abscheidung oder nachträglich per Implantation eine Dotierung vom Leitfähigkeitstyp des Emitters und dient als Diffusionsquelle für die Emitterdotierung **16** im einkristallinen Substrat. Die Isolatorschicht **14** wird eingesetzt, um keine Schädigung der Cap-Schicht **13** bei der später erfolgten Strukturierung der polykristallinen  $\alpha$ -Siliziumschicht **15** hinnehmen zu müssen. Im Überlappungsbereich **17** des Polysiliziums, dem Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder  $\alpha$ -Siliziumschicht **15**, entsteht eine Schichtfolge, bestehend aus Halbleiter-, Isolator- und Halbleitermaterial. In Abhängigkeit von der Dotierung der Cap-Schicht **13**, von Grenzflächenladungen und Rekombinationseigenschaften der Oberfläche sowie den Betriebsbedingungen des Transistors kann dieser Aufbau analog zu einer MOS-Kapazität cinc

Anreicherung aber auch Verarmung an beweglichen Ladungsträgern an der Oberfläche der Cap-Schicht 13 bewirken. Bei flußgepolter Basis-Emitter-Diode können dadurch sowohl die Idealität des Basisstroms als auch die Niederfrequenz-Rauscheigenschaften beeinträchtigt werden. In Sperrichtung werden Generationsströme und Durchbruchsspannungen unter Umständen negativ beeinflußt.

Unter der Bedingung, daß wegen der Tunnelgefahr die Dotandenkonzentrationen in der Cap-Schicht das Niveau von  $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  nicht übersteigen sollten, erhebt sich die Frage, in welcher Weise diese Zone geeignet zu dotieren ist. Im folgenden werden die bisher bekannten Varianten für npn-SiGe-HBTs diskutiert: Homogene n- oder p-Dotierungen nahe der Tunnelgrenze bzw. quasi undotierte Gebiete (i-Zone). In A. Chantre, M. Marty, J. L. Regolini, M. Mouis, J. de Pontcharra, D. Dutartre, C. Morin, D. Gloria, S. Jouan, R. Pantel, M. Laurens, and A. Monroy: A high performance low complexity SiGe HBT for BiCMOS integration, BCTM '98, S. 93 - 96, 1998 wird eine p-Dotierung von ca.  $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  verwendet. Hieraus resultiert der entscheidende Nachteil, daß die Cap-Schichtdicke in einem Toleranzbereich von wenigen Nanometern an die Eindringtiefe des aus der Poly-Silizium-Emitter-Schicht ausdiffundierenden Dotierstoffes angepaßt sein muß. Größere Cap-Schichtdicken, die für eine niederohmige Verbindung der inneren Basis zu einem Anschluß auf Isolationsgebiet vorteilhaft wären, verbieten sich, da sonst die Wirkung des Germanium-Profils stark eingeschränkt wird. In A. Gruhle, C. Mähner: Low 1/f noise SiGe HBTs with application to low phase noise microwave oscillators, Electronics Letters, Vol. 33, No. 24, S. 2050 - 2052, 1997 wird eine 100 nm dicke Cap-Schicht mit einer n-Konzentration von  $1-2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  verwendet. Obgleich bei dieser Variante das Problem der Dicke-toleranz der Cap-Schicht behoben und die Gefahr von Tunnelströmen durch die Verringerung der Dotierstoffkonzentration in der Cap-Schicht beseitigt ist, sind auch hier die Möglichkeiten zur

Reduktion der Basis-Emitter-Kapazität nicht optimal ausgeschöpft. Dieser Nachteil lässt sich umgehen, wenn auf eine Cap-Dotierung weitgehend verzichtet wird, wie beispielsweise in B. Heinemann, F. Herzl und U. Zillmann: Influence of low doped emitter and collector regions on high-frequency performance of SiGe-base HBTs, Solid-St. Electron., Bd. 38(6), S. 1183 - 1189, 1995 beschrieben. Allerdings kann es dann leicht zu der oben beschriebenen Verarmung des Überlappungsgebietes 17 kommen. Diese Zusammenhänge werden im folgenden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation erläutert. Fig. 2 zeigt den in der Simulation verwendeten, vereinfachten Transistoraufbau. Die elektrische Wirkung der Oxid-Halbleitergrenzfläche im Überlappungsgebiet wird mit einer positiven Flächenladungsdichte von  $1 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$  sowie einer Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit von  $1000 \text{ cm/s}$  modelliert. In Fig. 3 sind Vertikalprofile entlang einer Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich dargestellt. Die Profile zeigen drei Dotierungsvarianten in der Cap-Schicht 13 und die in allen Fällen identisch vorgegebene, p-dotierte SiGe-Basis 12. Es werden folgende Cap-Dotierungen verglichen: quasi undotierte Cap-Schicht 13 (Profil i) und zwei homogene n-Dotierungen (Profil n1 mit  $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  und Profil n2 mit  $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ). Fig. 4 zeigt die Transitfrequenz als Funktion des Kollektorstromes für die verschiedenen Cap-Dotierungen. Insbesondere bei kleinen Kollektorströmen ist eine Zunahme der Transitfrequenz mit sinkendem Dotierungsniveau in der Cap-Schicht 13 zu erkennen. Während das Profil i vergleichsweise die besten Transitfrequenzen liefert, stellt sich als Nachteil jedoch heraus, daß sich die Idealität des Basisstromes (Fig. 5) im Gummel-Plot gegenüber den Vergleichsprofilen spürbar verschlechtert hat.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, bei dem die beschriebenen Nachteile konventioneller Anordnungen überwunden werden, um insbesondere minimale Basis-Emitter-Kapazitäten und beste Hochfrequenzeigenschaften zu realisieren, ohne daß die statischen Eigenschaften eines Bipolartransistors mit schwach dotierter Cap-Schicht, vor allem die Basisstromidealität und das Niederfrequenz-Rauschen, spürbar verschlechtert werden und die Prozeßkomplexität zunimmt.

Erfnungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Einbringung eines speziellen Dotierungsprofils in eine epitaktisch erzeugte Cap-Schicht (Cap-Dotierung) gelöst. Mit Hilfe dieses Dotierungsprofils wird erreicht, daß eine minimale Basis-Emitter-Kapazität und beste Hochfrequenzeigenschaften erreicht werden können, aber auch die generations-/rekombinationsaktive Grenzfläche zwischen Cap-Schicht und Isolator im Polysilizium-Überlappungsgebiet im interessanten Arbeitsbereich des Transistors in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt und die Basisstromidealität verbessert wird.

Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  dotierte basisseitige Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke zwischen 20 nm und 70 nm.

Emitterseitig ist die Cap-Schicht höher dotiert. Wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht besitzt, werden zur Vermeidung von Tunnelströmen Dotierstoffkonzentrationen in der Cap-Schicht von vorzugsweise kleiner als  $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  eingesetzt.

Vorzugsweise wird das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation oder *in situ* während des Epitaxieschrittes eingebracht.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung des Emittergebietes eines Bipolartransistors, hergestellt in einer Einzel-Polysilizium-Technologie mit epitaktisch abgeschiedener Basis,

Fig. 2 Schematische Darstellung des Simulationsgebietes für den Bipolartransistor nach Fig. 1 (nicht maßstabsgerecht),

Fig. 3 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 4 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile,

Fig. 5 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

Fig. 6 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 7 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

Fig. 8 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile und

Fig. 9 Schematische Darstellung eines Bipolartransistors während der Herstellung.

Die Merkmale und Wirkungsweise der erfundungsgemäßen Cap-Dotierungsprofile werden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation an einem npn SiGe-HBT beschrieben. Die Darlegungen lassen sich in entsprechender Weise auf einen pnp-Transistor übertragen. Fig. 6 zeigt charakteristische Beispiele für die hier vorgeschlagenen Vertikalprofile in der Cap-Schicht 13 entlang einer Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich. Das Cap- „Profil p1“ ist zur Cap-Schicht-Oberfläche hin ansteigend und erreicht dort mit ca.  $9 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  seine maximale Konzentration, während die 10 nm breiten, kastenähnlichen Profile „p2 und n3“ mit  $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  dotiert sind. Die Profile p1 und p2 sind vom p-Leitfähigkeitstyp, n3 vom n-Typ. In Fig. 7 sind Gummel-Plots zu den Profilen p1, p2 und n3 dargestellt, wobei zum Vergleich die Kennlinien vom Profil i aus Fig. 5 übernommen wurden. Fig. 7 zeigt deutlich die Verbesserung der Idealität der Basisstromkennlinien bei Verwendung der Cap-Dotierung gegenüber dem Verhalten von Profil i. Die dynamischen Berechnungen zu diesen Profilen führen zu dem in Fig. 8 wiedergegebenen Ergebnis: Im Unterschied zu den homogenen Dotierungen n1 und n2 mit Konzentrationen von  $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  und  $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  ist für die Cap-Profile p1, p2 und n3 keine Verschlechterung der Transitfrequenzen im Vergleich zu Profil i zu erkennen. Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  dotierte Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke von mindestens 20 nm. Die Resultate weisen darauf hin, daß im hier betrachteten Beispiel sowohl mit n- als auch mit p-Profil in der Cap-Schicht annähernd gleichwertige Ergebnisse erreichbar sind. Welcher Dotierungstyp in der Praxis zu bevorzugen ist, hängt z. B. davon ab, welchen Typ und welche Dichte die Ladungen an der Si/Isolator-Grenzfläche oder im Isolator besitzen oder welche Herstellungsverfahren für die Cap-Dotierung in Frage kommen. So lassen sich die vorgeschlagenen Profile z. B. per Implantation einbringen. Diese Variante ist jedoch nur dann zu bevorzugen, wenn die

Auswirkungen von Punktdefekten auf das Basisprofil kontrollierbar sind. Würde es infolge der Ausheilung von Punktdefekten zu einer verstärkten Diffusion der Basisdotierung aus der SiGe-Schicht kommen und hierdurch die elektrischen Eigenschaften unakzeptabel verschlechtert werden, sind andere Dotierungsvarianten nötig. Zum Beispiel bietet sich eine in situ Dotierung während der Epitaxie an. Bei diesem Vorgehen wird der Typ der Cap-Dotierung mitbestimmt von der Sicherheit und Einfachheit des Abscheideprozesses.

Im folgenden wird die Herstellung eines Bipolartransistors gemäß der Erfindung am Beispiel eines npn SiGe-HBTs dargelegt. Die dabei vorgestellte Verfahrensweise kann ebensogut auf pnp-Transistoren übertragen werden. Außerdem ist es erfindungsgemäß auch möglich, auf eine Epitaxie der Basisschicht zu verzichten und das Basisprofil vor der epitaktischen Herstellung einer Cap-Schicht per Implantation einzubringen.

Wie in Fig. 9 dargestellt, wurden auf einer einkristallinen Substratschicht 111 vom Leitfähigkeitstyp I strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich 112 vom Leitfähigkeitstyp II, sowie diesen umgebende Isolationsgebiete 113 erzeugt. Sind Emitter und Kollektor z.B. n-leitend, ist die Basis vom p-Typ bzw. umgekehrt. Es sind verschiedene geeignete Isolationstechniken bekannt, wie z.B. LOCOS-Prozesse, verspacerte Mesa-Anordnungen bzw. tiefe oder flache Trenchisolationen.

Auf der Basis differentieller Epitaxie wird ganzflächig die Pufferschicht 114, die SiGe-Schicht mit in-situ Dotierung der Basisschicht 115 vom Leitfähigkeitstyp I sowie die Cap-Schicht 116 erzeugt. Während die Pufferschicht 114, die Basisschicht 115 und Cap-Schicht 116 einkristallin über dem Silizium-Substrat wachsen, entstehen polykristalline Schichten 114/1;115/1;116/1 über dem Isolationsgebiet 113. Nach photolithografischer

Maskierung werden Trockenätztechniken eingesetzt, um die Epitaxieschicht in denjenigen Gebieten zu entfernen, in denen keine Transistoren entstehen.

Verwendet man anstelle differentieller eine selektive Epitaxie, bei der ein Wachstum ausschließlich über Siliziumuntergrund erfolgt, entfällt im Unterschied zum Prozeßablauf mit differentieller Epitaxie die Strukturierung des Epitaxiestapels.

Im folgenden Schritt werden die Siliziumgebiete mit einer Isolationsschicht 117 abgedeckt. Es ist möglich, dies durch thermische Oxidation und/oder Abscheidung zu erreichen. Es können Schichtstapel von Dielektrika, z. B. Siliziumoxid und -nitrid, eingesetzt werden. Außerdem kann die elektrisch isolierende Schicht mit einer Polysiliziumschicht bedeckt sein, um zusätzliche Freiheitsgrade für den späteren Prozeßablauf offenzuhalten.

Als wesentlich im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Realisierung des Cap-Dotierungsprofils in einer epitaktisch hergestellten Cap-Schicht anzusehen. Es besteht die Möglichkeit, ähnliche Profile wie die in Fig. 6 gezeigten, *in situ* während der Epitaxie einzubringen. Des weiteren kann durch Implantation vor oder nach Herstellung der Isolationsschicht 117 ein flaches Profil erzeugt werden. Außerdem sind verschiedene Verfahren zur Eindiffusion derartiger Profile bekannt. Dafür kann auch eine mit Dotierstoff hochangereicherte Isolatorschicht dienen. Ein Ausdiffusionsschritt kann vor oder nach weiteren Prozeßschritten erfolgen. Insbesondere bei Anwendung solcher Prozeßschritte wie Implantation, Eindiffusion oder thermischer Oxidation, die eine beschleunigte Diffusion der Dotanden hervorrufen können, ist der Einsatz eines diffusionshemmenden Zusatzstoffes in Kollektor, Basis oder Cap-Schicht 116, wie z. B. Kohlenstoff, sinnvoll.

Die Transistorherstellung kann nun fortgesetzt werden mit der Strukturierung einer Lackmaske zur Öffnung des Emitterfensters. Dort werden die Deckschichten mit Hilfe

bekannter Ätzverfahren abgetragen. Um gute Transistoreigenschaften zu erzielen, sind vorzugsweise Naßätztechniken beim Freilegen der Halbleiteroberfläche anzuwenden.

Der Prozeß wird fortgesetzt mit der Abscheidung einer amorphen Siliziumschicht für die Bildung des Polysiliziumemitters. Diese kann bereits in-situ während oder im Anschluß an die Abscheidung durch Implantation dotiert werden.

Der Prozeß wird mit konventionellen Schritten der Strukturierung, Implantation und Passivierung fortgesetzt. Zur Ausheilung der Implantationsschäden und zur Formierung des Poly-Emitters werden erforderliche Hoch-Temperaturschritte durchgeführt. Der Prozeß wird vervollständigt mit dem Öffnen der Kontaktlöcher für Emitter, Basis und Kollektor und einer Standardmetallisierung für die Transistorkontakte.

In der vorliegenden Erfindung wurden anhand konkreter Ausführungsbeispiele ein Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung im Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist, da im Rahmen der Patentansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bipolartransistors, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115) und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (117) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittiergebietes geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder  $\alpha$ -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktsschicht genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Dotierungsprofil in die Cap-Schicht (116) eingebracht wird, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  nicht übersteigt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) eine Schichtdicke von höchstens 70 nm besitzt.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) in einer Schichtdicke von mindestens 20 nm Werte von  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  nicht übersteigt.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von  $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (115) besitzt.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation eingebracht wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil *in situ* während des Epitaxieschrittes eingebracht wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil durch Ausdiffusion aus der mit Dotierstoff hochangereicherten Isolationsschicht (117) erzeugt wird.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Basis mittels Epitaxie realisiert wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisschicht (115) als SiGe-Schicht mittels Epitaxie realisiert wird.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Kollektorbereich (112), Basisschicht (115) und/oder Emittergebiet ein diffusionshemmendes Mittel eingebracht wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als diffusionshemmendes Mittel Kohlenstoff eingebracht wird.
13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Basisschicht (115) Borkonzentrationen von über  $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  eingebracht sind.
14. Bipolartransistor, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115) und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (112) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebietes geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder  $\alpha$ -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktsschicht genutzt wird, dadurch gekennzeichnet,

daß ein Dotierungsprofil in der Cap-Schicht (116) eingebracht ist, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

15. Bipolartransistor nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  nicht übersteigt.
16. Bipolartransistor nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) in einer Schichtdicke von mindestens 20 nm Werte von  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  nicht übersteigt.
17. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) eine Schichtdicke von höchstens 70 nm besitzt.
18. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von  $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (115) besitzt.

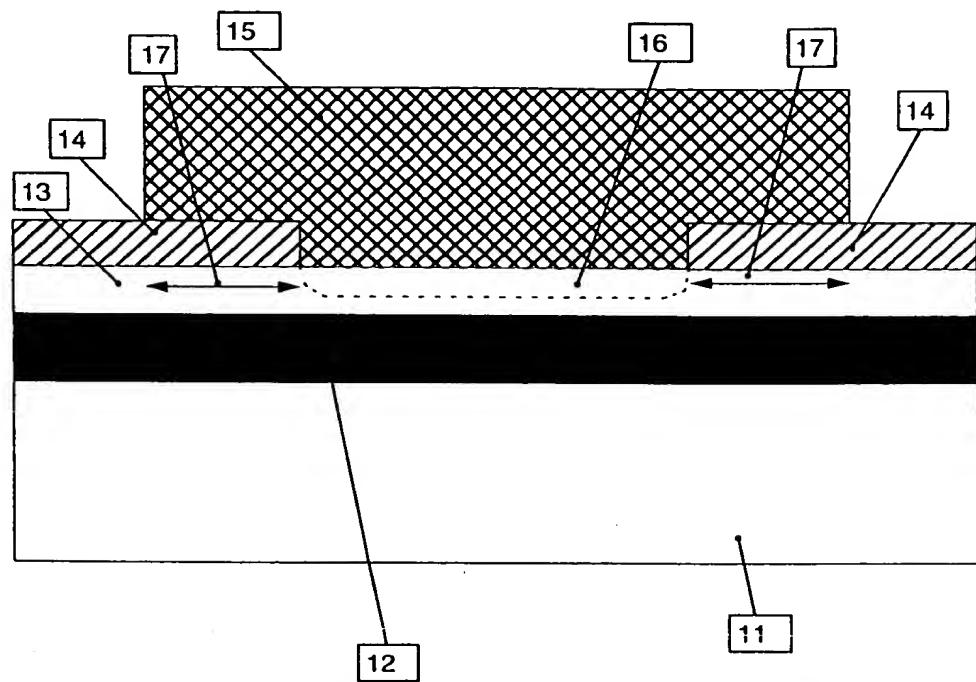


Fig. 1

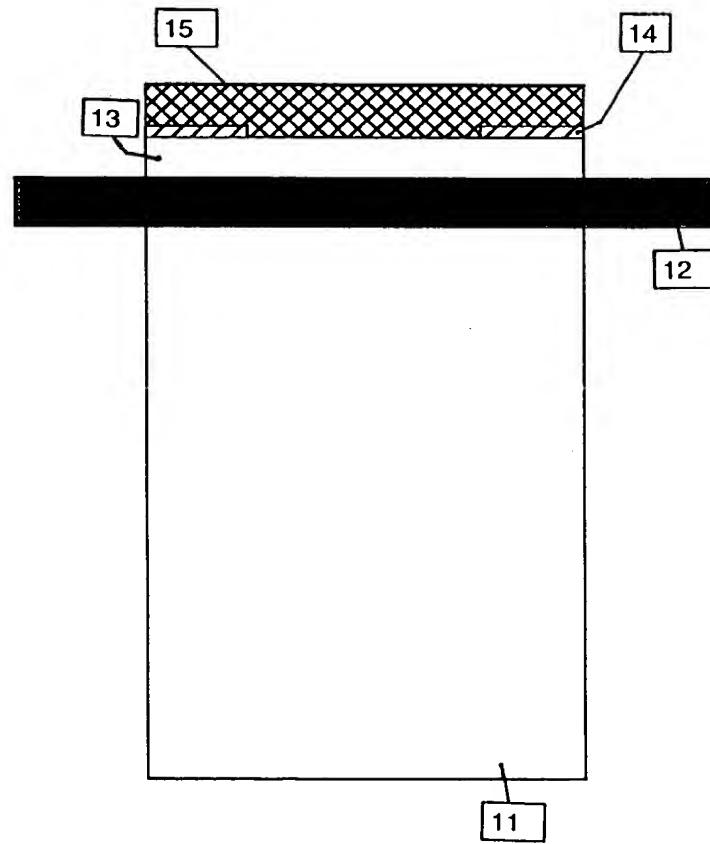


Fig. 2

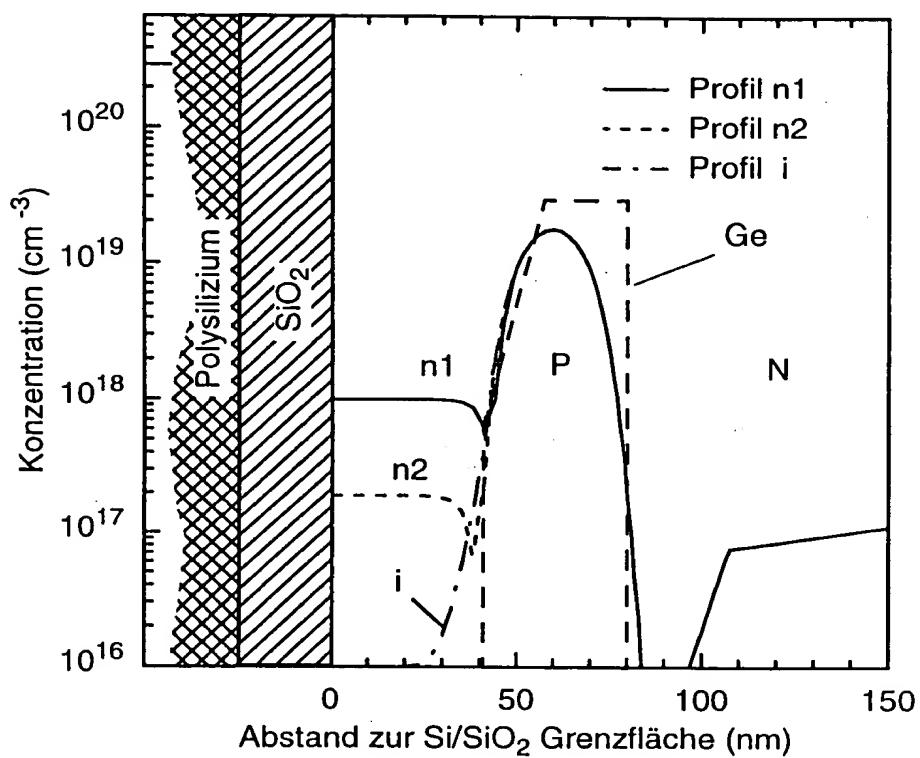


Fig. 3

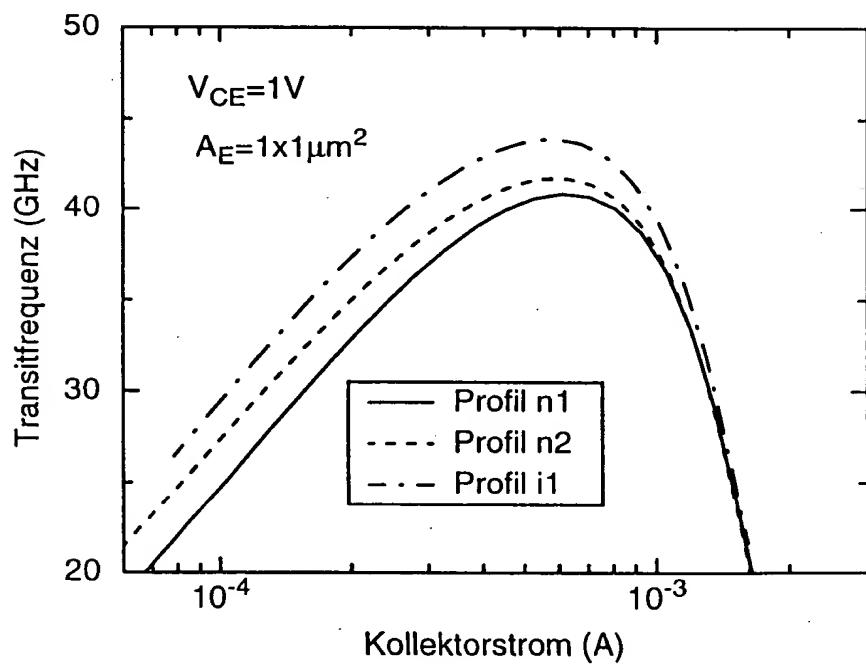


Fig. 4

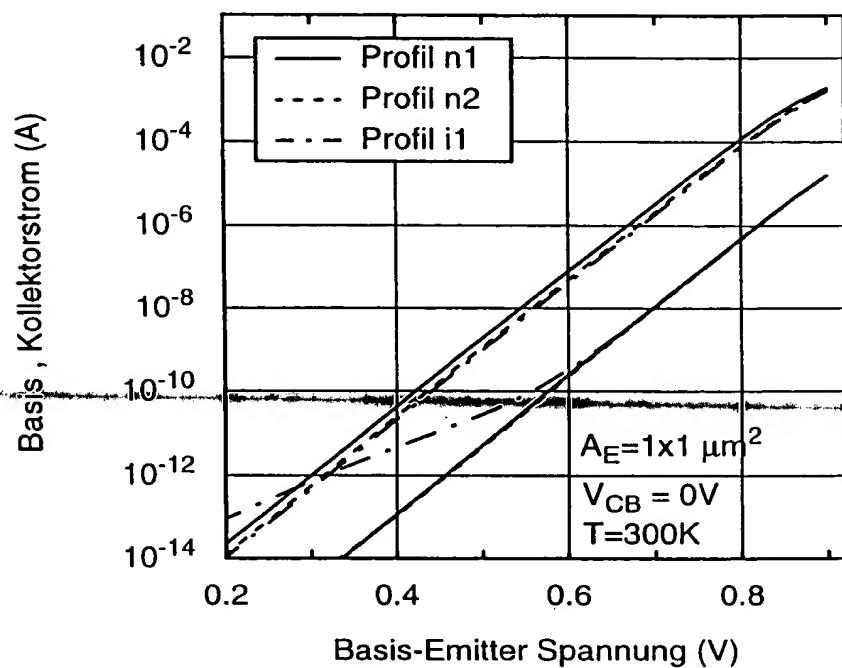


Fig. 5

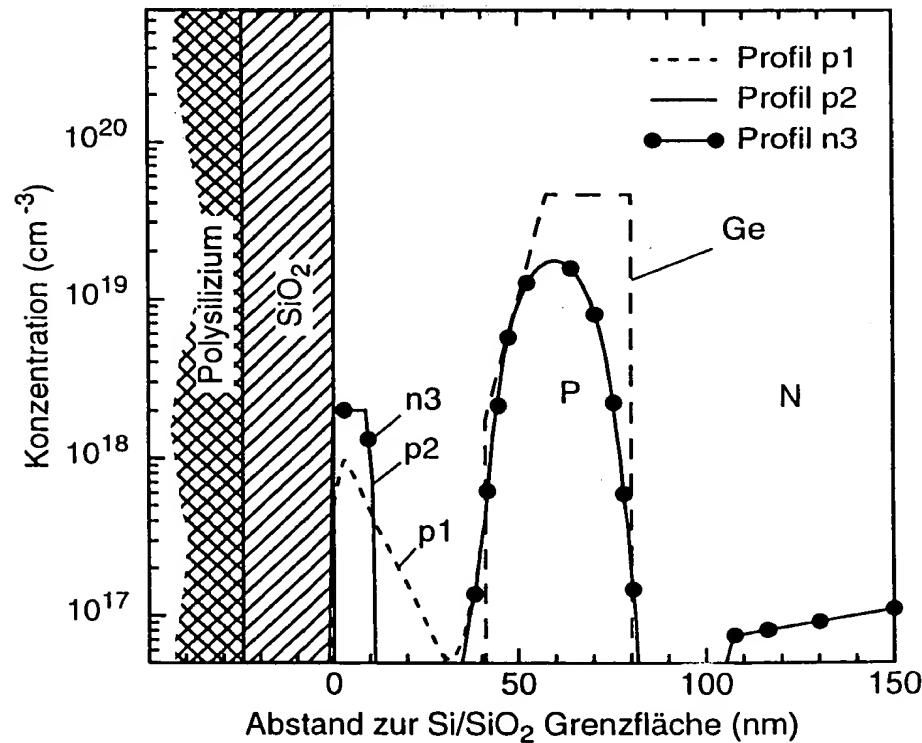


Fig. 6

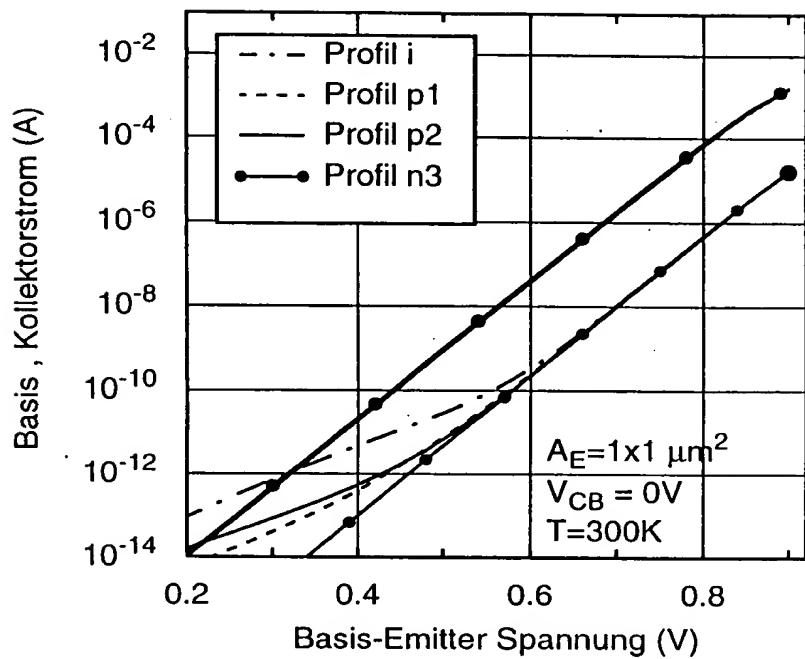


Fig. 7

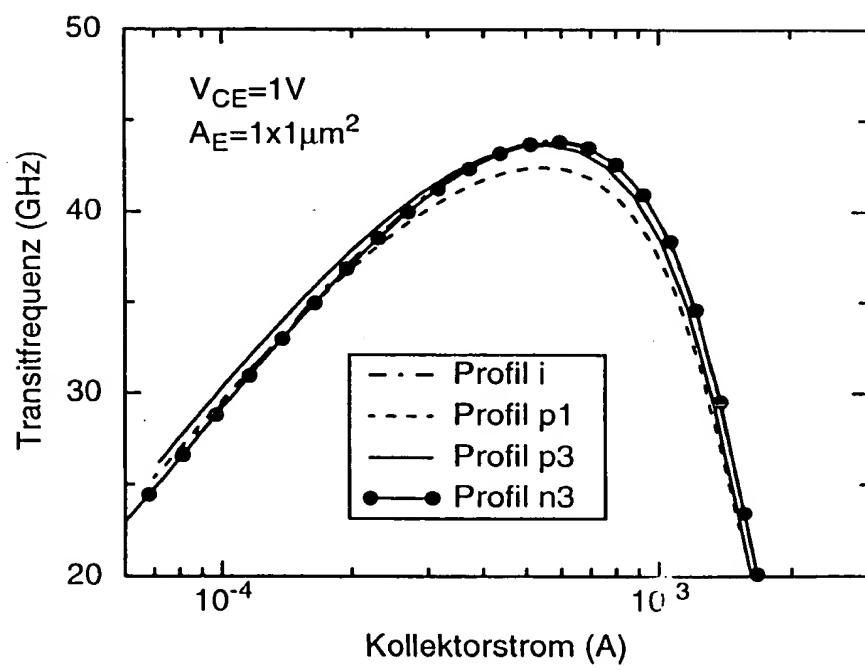


Fig. 8

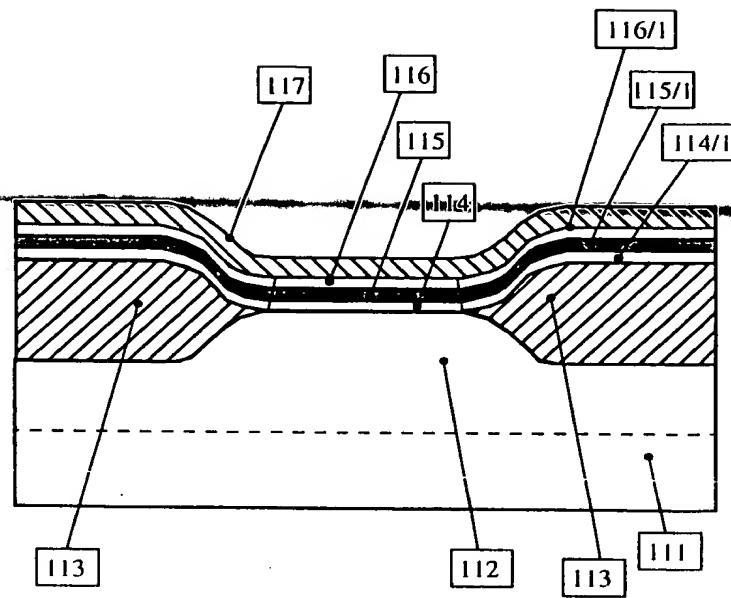


Fig. 9